

***AUMENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL MOLINO SAN FELIPE Y
MEJORAR LA CALIDAD DE HARINA PANADERA***

Robert Kennedy Salamanca Ruiz

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN ALIMENTOS
CEAD SANTANDER DE QUILICHAO
2019**

***AUMENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL MOLINO SAN FELIPE Y
MEJORAR LA CALIDAD DE HARINA PANADERA***

Robert Kennedy Salamanca Ruiz

Trabajo de Grado para optar al título de Tecnólogo en Alimentos

**Asesor
Vicente Ortiz
ECBTI
CEAD Popayán**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN ALIMENTOS
CEAD SANTANDER DE QUILICHAO
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santander de Quilichao, Abril de 2019

DEDICATORIA

A Dios:

Doy gracias por darme la vida y permitirme llegar a alcanzar un peldaño más en lo recorrido de mi vida, a mis padres destacando su apoyo incondicional formándome con grandes valores con los cuales he avanzado enfrentando cada una de las dificultades de la vida.

A mis hijos y esposa que han sido el regalo más hermoso que me ha dado Dios, gracias por estar siempre a hi, entender esos momentos no compartidos en familia, sabiendo y entendiendo que luchaba día a día por alcanzar mis objetivos.

A mis compañeros de estudio con los cuales compartí grandes momentos de aprendizaje, alegrías y dificultades por las diferentes situaciones e interacciones vividas durante el desarrollo de esta parte de mi proyecto de vida.

A todas las personas que me brindaron su apoyo y me aportaron parte de su experiencia y conocimiento para alcanzar con éxito esta meta.

Agradecimiento:

A Dios por darnos la vida, guiarme y protegerme siendo el motor de mi existencia ya que sin su voluntad nada lo es posible.

Agradezco a todos los docentes de la Universidad Nacional Abierta y distancia por brindarme sus conocimientos y apoyarme en todo momento en la etapa de aprendizaje logrando formarme personal y profesionalmente.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	11
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	14
3.1. OBJETIVO GENERAL	14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4. MARCO REFERENCIAL.....	15
4.1. MARCO CONCEPTUAL.....	15
4.1.1. Harina de Trigo	15
4.1.2. Tipos de Harina	15
4.1.3 Banco de Compresión 1 C1A	15
4.1.4 Banco de Trituración	16
4.2. MARCO CONTEXTUAL	16
4.3 MARCO TEÓRICO	17
4.3.1. La Calidad del Trigo	18
4.3.2 Condiciones técnicas de Calidad de la Harina de Trigo	20
4.3.3 Almidón dañado y su incidencia en la calidad de las harinas	20
4.3.4 Descripción del proceso productivo del sistema de molienda en molino San Felipe	25
4.3.5 Dificultad presentado en proceso de molienda	28
5. METODOLOGÍA	29
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
5.2. VARIABLES	29
5.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	30
5.4. PROCEDIMIENTO	30

5.5. PROPUESTAS PRESENTADAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL SISTEMA DE MOLINOS	32
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	35
6.1 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA	35
6.2 ANÁLISIS ECONÓMICOS DE LAS PROPUESTAS	40
6.3 BENEFICIOS ECONÓMICOS OBTENIDOS	40
7. CONCLUSIONES	42

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Variables de Estudio	30
Tabla 2: Resultados de los análisis de producción por hora	35
Tabla 3: Análisis de Varianza a nivel de producción	36
Tabla 4: resultados de los análisis de rompimiento de almidón	37
Tabla 5: Análisis de Varianza para rompimiento de almidón	38
Tabla 6: resultados de los análisis de absorción	38
Tabla 7: Análisis de Varianza para absorción	39
Tabla 8: Costo de la propuesta 1 y 2	40
Tabla 9 Cálculo de los beneficios económicos obtenidos de la implementación de la mejor. Realizada por el autor.	40
Tabla 10 Cálculo de los beneficios económicos de mano de obra, obtenidos de la implementación de la mejor. Realizada por el autor.	41

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Esquema general del flujo de molienda del molino San Felipe	27
Figura 2: Esquema del flujo de molienda en el Banco triturador 1 y Banco compresor 1 del molino San Felipe, realizado por el autor	28
Figura 3: Esquema del flujo de molienda modificado en el Banco triturador 1 y Banco compresor 1 del molino San Felipe	33
Figura 4: Esquema general modificado del flujo de molienda del molino San Felipe	34

RESUMEN

El presente proyecto aplicado tiene por objeto incrementar la productividad del molino San Felipe, contribuyendo en el mejoramiento de la calidad de la harina que beneficie nutricionalmente al consumidor y ser más competitiva en los mercados, sin tener que hacer grandes inversiones.

El molino San Felipe presenta un cuello de botella al inicio del proceso de triturado y en el proceso de compresión; una vez sale el producto del primer molino de triturador, la cantidad de producto es muy superior a la que puede ser procesado por el molino compresor 1, como consecuencia se presentan atascamiento de materia en proceso, por lo que hay que disminuir considerablemente la velocidad del proceso.

A partir de este problema se planteó una alternativa de mejoramiento que consistió en colocar un banco de compresión paralelo al existente y repartir la carga de entrada. Esto permitió aumentar los flujos de materia prima y por ende de producto terminado de 39 bulto/hora a 46 bultos/horas, además se mejoró los parámetros de calidad fundamentales en la harina como son la absorción que se mejoró de 59 a 61 % y el rompimiento de almidones que paso de 23 a 27 UCD (Unidad Chopin Dubois).

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, se refiere al plan de mejoramiento aplicado en la empresa Molino San Felipe, en cual buscaba mejorar el nivel de producción y algunas propiedades de la harina de trigo como producto Final.

El molino presentaba un cuello de botella crítico entre el banco de triturado 1 y el banco de compresión 1, pues este no tenía la capacidad de procesar de manera eficiente el producto entregado por el banco triturador, generado que la harina se atascara y por ende se presentaran suspensión del proceso.

Para solucionar el problema, se presentó como alternativa de mejoramiento la instalación de otro banco de compresión en paralelo al banco de compresión 1, lo que permitirá aumentar la capacidad de procesamiento de producto entregado por el banco triturador 1, el banco que se utilizó, formaba parte del mismo proceso como banco de compresión 8 el cual no cumplía una función óptima, ya que le ingresaba muy poco producto; para darle reemplazo a este banco (8) se instaló un disgregador que realizara la misma función.

Una vez realizado las adecuaciones pertinentes en el proceso de molturación se procedió a evaluar el proceso modificado analizando las tres variables de salida, como fue nivel de producción, rompimiento de almidón dañado y la absorción de la harina final, además se realizó una evaluación económica lo que permitió demostrar que la oportunidad de mejoramiento es eficiente.

1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Teniendo en cuenta la competitividad de la harina panadera en el mercado, se requiere buscar la manera de mejorar la eficiencia del molino San Felipe, aumentando la carga en bultos. Pasando de 39 b/hora a 46 b/hora y así poder bajar el costo de mano de obra en 4 pesos pasando de 30 a 25 pesos/ kg.

Infortunadamente se observó, que al aumentar la carga se desmejoraban algunas de las características de la harina mencionada anteriormente, como lo son el rompimiento de almidones y la absorción, factores de vital importancia en la elaboración del pan debido a que son los que determinan en gran medida el crecimiento y el rendimiento del mismo.

Luego de analizar la situación se observa que, al aumentar la carga del molino, uno de nuestros equipos de molienda de trigo (Banco C1A), que es donde se genera el mayor rompimiento de almidón y a la vez mejora la absorción, se saturaba. Estos equipos están diseñados con una capacidad máxima de 1200 kg/hora y al aumentar la carga en el molino este sobrepasaba su máximo en 100 kilos, perdiendo eficiencia. Por consiguiente, estos factores se desmejoraban.

Después de analizar, se llega a la conclusión que se debía comprar un equipo (banco C1A) adicional. Y así poder distribuir el flujo en estos dos equipos, logrando pasar de un equipo con 1200 kg/hora a tener dos con 1200 kg/hora. Pero su costo es demasiado alto por lo que se hace inviable. Por tal razón se planteó la idea a la gerencia para rediseñar el diagrama de molienda donde al realizar una serie cambios podemos lograr lo deseado sin realizar una alta inversión, por ende, se decide reemplazar uno de los bancos existentes (el banco C8), por un disgregador de impacto que cumpliría la misma función bajo otro principio y así poder utilizar el banco liberado como otro banco C1A adicional.

La implementación de estos cambios nos llevaría a realizar muchas modificaciones importantes en el molino, por consiguiente, se hace necesario el desarrollo de un proyecto que nos permita implementar todas las modificaciones.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La modificación al Banco C1A, ayudará a mejorar la capacidad de producción y la calidad de la harina panadera, en el molino de San Felipe?

2. JUSTIFICACIÓN

El mejoramiento de la capacidad de producción del molino San Felipe, Se hace necesario para mejorar la competitividad de la empresa en el mercado nacional, además de mejorar la calidad de la harina de trigo, en cuanto a absorción, rompimiento de almidón y volumen en el proceso final. Otro aspecto importante para ejecutar la propuesta de mejoramiento es la relación de costos, pues cambiar todo el sistema tiene un costo financiero muy alto, mientras que la realización de mejoras y adaptaciones al proceso actual es mucho más económico y su eficiencia puede considerarse igual a la de un procesos nuevo.

El campo de estudio de la presente investigación permitió un rendimiento eficiente de productividad de la materia prima, que cumpla con los requerimientos de calidad satisfaciendo las exigencias en el mercado.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Aumentar la capacidad productiva del molino San Felipe y mejorar la calidad de harina panadera.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Hacer un diagnóstico sobre el rendimiento de la producción de harina panadera en el molino San Felipe.
- Realizar un plan de mejoramiento en la línea de producción del Banco C1A, en búsqueda de mejorar la capacidad de producción.
- Evaluar la eficiencia del Banco C1A, después de ejecutado el plan de mejoramiento.
- Comparar la calidad de la harina panadera antes durante y después de los procesos de mejoramiento mediante análisis estadístico.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO CONCEPTUAL

4.1.1. **Harina de Trigo.** Según la norma ICONTEC NTC 267, (ICONTEC, 2018. p15) define la harina de trigo como “principal producto obtenido de la molienda y cernido del endospermo de granos de trigo común *Triticum aestivum L.* o trigo ramificado *Triticum compactum Host* o mezcla de ellos con el fin de obtener un tamaño de partícula determinado”.

4.1.2. **Tipos de Harina.** En el molino San Felipe y en su manual de procedimientos para la producción de harina de trigo, define los diferentes tipos de harina de trigo que se producen.

- Harina tipo Suave: Producto del molturado de granos de trigo suave, principalmente utilizado para la producción de galletas y tortas.
- Harina tipo C8: Producto exclusivo de la empresa, se utiliza especialmente para línea de galletas.
- Harina tipo Hard: Producto de la molturación de granos de trigo duro, caracterizada por su alto contenido de proteína. Se utiliza principalmente en las líneas panificables.
- Salvado fino: Subproducto de la molturación del grano de trigo, básicamente se trata de la cascarilla del grano. Es usado en la elaboración de galletas integrales, por su alto contenido de fibra.

4.1.3 **Banco de Compresión 1 C1A.** Es un equipo de molienda de la primera compresión del proceso de molturación del grano de trigo, constituido por un par de cilindros recubiertos con una capa de 3 cm de acero inoxidable, cuyas medidas son de 1000mm x 250 mm, ubicados paralelamente los cuales por acción mecánica giran en sentido contrario uno del

otro para realizar su trabajo, estos se ajustan manualmente hasta encontrar el punto exacto de la molienda del producto.

- 4.1.4 **Banco de Trituración.** Es un equipo que permite abrir el grano mediante fuerza de triturado a través de un par de cilindros estriados con 3,5 estrías por cm^2 , permitiendo que el grano se fracture en partículas y extraer el endospermo en la forma más completa posible.
- 4.1.5 **Cernedores.** Equipos que permiten tamizar el producto que sale del proceso de triturado y compresión, está compuesto por 26 bandejas con mallas tamizadoras que van desde 200 micras hasta una abertura de 118 micras, realizando el trabajo por un movimiento vibratorio generado por excéntricas.
- 4.1.6 **Disgregador de impacto.** Son equipos neumáticos rotativos que cumplen la función de refinar la harina, por medio de impacto contra los pines que giran a una alta velocidad generando una fuerza centrífuga, que al impactar el producto lo desintegran permitiendo con mayor facilidad el trabajo del cernedor.
- 4.1.7 **Salvado o afrecho:** que hace parte de la corteza del grano y contiene la mayor cantidad de fibra, minerales vitaminas y proteínas.
- 4.1.8 **Endospermo:** Es la parte central del grano que contiene los almidones y el gluten; el gluten es un conjunto de proteínas, principalmente la Gliadina (la que da elasticidad a la masa) y la Glutenina (la cual da tenacidad o firmeza en los productos de panadería).

4.2. MARCO CONTEXTUAL

El molino San Felipe, se ubica en la Zona industrial de Calima, en la ciudad de Cali, es un molino que opera desde 1954 propiedad de la familia Castillo, donde el 20% está destinado a la producción

de harina de trigo para galletería y pastelería de la empresa, el resto orientado a la producción de harina panadera la cual se vende a clientes externos como producto industrial.

La empresa cuenta con una línea de 14 bancos de molienda, de los cuales los 5 primeros son especialmente diseñados para triturar o abrir el grano de trigo permitiendo extraer con mayor facilidad el endospermo de la cascara, el resto de bancos cumplen una función importante ya que permiten comprimir los gránulos obtenidos anteriormente de las trituraciones convirtiéndolos en harina y continuando de forma consecutiva el proceso hasta lograr obtener la harina lo más blanca posible.

4.3 MARCO TEÓRICO

En la actualidad, se observa que los usos de la harina panadera son muchos y variados, por lo tanto el rendimiento difiere de los subproductos que se obtienen de esta materia prima y equipos tecnológicos eficientes, creando así numerosas exigencias en la industria panadera.

La harina de trigo es un producto activo, tanto a nivel composicional como funcional. Su composición como proteína y cenizas generalmente determinan el uso final de la harina panadera. Parámetros que se analizan rápidamente utilizando instrumentos de infrarrojo cercano, ya sea en tiempo real, en línea o en planta.

De hecho de que se cumplan estas condiciones no garantiza que la harina vaya a responder como se espera, por lo tanto la calidad de la proteína y el almidón es tan importante como la cantidad.

Por tal razón, es necesario que en el presente trabajo de investigación implementar herramientas necesarias para el control de calidad total, como el diseño en los cambios del molino, lo cual permitirá determinar la calidad de los granos que se compra, controlar el proceso de molienda para

una eficiencia optima, y asegurarse de que las harinas finas y mezclas para panadería reúnan la calidad y especificaciones de rendimiento.

El objetivo es dar al cliente productos con la calidad adecuada, llevando a cabo un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas que son necesarias para proporcionar la confianza adecuada que satisfaga los requisitos dados sobre la calidad, la cual se puede administrar como arma competitiva al incrementar la capacidad productiva del molino San Felipe y mejorar la calidad de la harina panadera.

El futuro del mercado internacional de trigo dependerá en gran medida de los cambios que los países desarrollados introduzcan en sus políticas agrícolas. Tanto la Comunidad Europea como los EE.UU. subsidian fuertemente la producción agrícola mientras que en los países en desarrollo el sector agropecuario tiene una protección negativa. La consecuencia es un aumento en la producción en los países desarrollados y una disminución en los países en desarrollo. (MAN & DIAZ. 2019 p8).

4.3.1. La Calidad del Trigo. En este sentido, la calidad del trigo depende de la tecnología que los países que desarrollan, con el propósito de obtener un aumento en la producción y materia prima de excelente calidad para ser competitiva en el mercado nacional e internacional.

La calidad de los granos debe ser determinada en diversas circunstancias, durante la comercialización, y en los diferentes pasos que han de darse durante el periodo de conservación. A continuación se mencionando los principales eventos en los que es necesario la determinación de la calidad de un lote de granos:

- Compra inicial a productor para definir el valor real a pagar por el producto en condiciones iniciales.
- Recepción en los centros de acopio y acondicionamiento para determinar el destino del producto, donde se verifica el secamiento, almacenamiento, rechazos.

- Al inicio de cualquier proceso para determinar las condiciones del grano que se procesara.
- Durante los procesos para controlar el desarrollo de los mismos, poder realizar ajustes y determinar el final de mismo.
- Al terminar los procesos para conocer la calidad final de producto y conocer la condiciones de los procesos.
- Al iniciar el procesamiento durante y al final de mismo.
- En las operaciones de comercialización, para obtener las bases sobre las cuales se fijan las condiciones del mercado y los niveles de aceptabilidad de calidad del producto.

Existen varias razones para contar con un sistema de calidad, tales como

- Mejorar el desempeño coordinación y productividad.
- Enfocarse en los objetivos de la empresa y las expectativas de sus clientes
- Lograr y mantener la calidad de un producto para satisfacer las necesidades implícitas y explícitas de los clientes.
- Es necesario la calidad que se requiere y mantenerla a nivel de la empresa.
- Desarrollo de oportunidades en el mercado, o mantener la participación en él.

La empresa debe revisar y actualizar el sistema de calidad frecuentemente para estar seguro que se está logrando mejoras valiosas y económicamente viables.

En cuanto al control de calidad de los productos, el equipo deberá realizar actividades que permitirán:

- Disminuir, eliminar y prevenir las deficiencias de calidad en los productos obtenidos.
- Alcanzar confianza en los clientes logrando competencia en el mercado a nivel industrial.

Es recomendable que la empresa cuente con un plan de control de calidad, en la cual se reflejen las actividades de calidad a realizar, los estándares, los procedimientos en la obtención de los productos durante el desarrollo y normatividad para identificar los defectos y realizar su respectiva

corrección, de igual manera las inspecciones permanentes son actividades muy importante en el control de calidad, debido a que permiten eliminar defectos de producción lo más pronto posible cuando son menos costosos de corregir.

El rediseño de los equipos es fundamental en el rendimiento de producción, factor relevante en la economía de la empresa, garantizando alta competitividad y mejor calidad de sus harinas de trigo.

4.3.2 Condiciones técnicas de Calidad de la Harina de Trigo. La harina de trigo debe cumplir con unos estándares de calidad establecidos en la Norma Técnica NTC 267, en la cual se establecen los requisitos Físicos, Químicos y Microbiológicos que debe cumplir para poder ser comercializada.

En cuanto a los requisitos técnicos se tienen las propiedades del tamaño del grano, el rompimiento de almidón, en los físicos se considera la Absorción y la apariencia de la harina.

En el Molino San Felipe antes de las modificaciones y mejoras realizadas, tenía algunas dificultades para lograr los requisitos mínimos establecidos por los clientes.

4.3.3 Almidón dañado y su incidencia en la calidad de las harinas. Hace algunos años se comenzó a darle importancia a los almidones dañados contenidos en las harinas panificables. Durante el proceso de molienda de trigo, un porcentaje del almidón es dañado mecánica o térmicamente. Estos permiten desencadenar procesos de hidrólisis de azúcares más simples que servirán como alimento a las levaduras en el proceso de fermentación. Esta lesión en los gránulos estará determinada por la resistencia del grano (dureza).

- El almidón dañado está en función de las características del endospermo del trigo y de la acción mecánica de los rodillos de molienda.

- El índice de almidón dañado es muy importante para todas las industrias de panificación. Es, de hecho, un factor de control de la absorción de agua y de la actividad de fermentación.
- El daño puede ser:
 - Radial por compresión o abrasión, cilindros estriados, en menor medida
 - Por laminación de los granos grandes por fuerte compresión, cilindros lisos, pasajes reductores y compresores. Es donde más se daña.

4.3.3.1 Los Factores que influyen al almidón dañado:

Mas almidón dañado	Menos almidón dañado
Trigo duro	Trigo suave
Molienda con bancos	Molienda con impactores
Mas reducciones	Menos reducciones
Menos compresiones	Mas compresiones
Ajuste fuerte en bancos	Ajuste menos fuerte en bancos
Diámetro de rodillo menor (250 mm)	Diámetro de rodillo mayor (300 mm)
Molienda con bancos de 8 cilindros	Molienda con bancos de 4 cilindros

Este daño mecánico produce:

- Una mayor capacidad para adsorber el agua e hincharse
- Una susceptibilidad creciente a la degradación amilolitica.

El nivel de almidón dañado según el tipo de grano.

- Granos más resistentes (de características vítreas), tendrán mayor nivel de almidón dañado.
- Granos menos resistentes o más friables (trigos más blandos, no tan vítreos tendrán menor nivel de almidón dañado).

Valores frecuentes de almidón dañado:

- El porcentaje de almidón dañado puede variar de un 3% a un 9% (12 – 23 UCD (unidad Chopin Dubois) en función del carácter vítreo del grano y del sistema de molienda.
- En harinas para panificación, se manejan valores de entre 5 y 8 % (16 – 20 UCD)
- En harinas para galletería, los valores se reducen drásticamente, tratándose de que sean lo más bajo posible, generalmente inferiores al 4 – 5 % UCD.

Así se caracterizar el trigo en función de su dureza

Trigo de poca dureza

Endospermo menos denso

Enlaces almidón/proteínas débiles

Poca resistencia a la rotura

Más partículas pequeñas

Ajuste fuerte en bancos

Menos nivel de almidón dañado

Molienda con bancos de 8 cilindros

Trigo de alta dureza

Endospermo más denso

Enlaces almidón/ proteínas fuertes

Mayor resistencia a la rotura

Partículas más grandes

Ajuste menos fuerte en bancos

Mayor nivel de almidón dañado

Molienda con bancos de 4 cilindros

El grado de hidratación o adsorción de agua es la cantidad de agua a añadir a una harina para obtener una masa de consistencia determinada.

Está determinado por:

- Almidón dañado
- Proteínas
- Humedad de la harina
- Pentosanos

La absorción de agua producida por el almidón dañado puede mejorar las propiedades panaderas hasta un límite, arriba de eso las propiedades de la harina se ven afectadas negativamente.

En harinas y galletas

- El objetivo es lograr tener la menor hidratación o absorción de agua posible.
- Una absorción de agua elevada, modificara maquinabilidad de la masa. Una vez laminada y cortada se deformará e incluso podrá tener problemas de rotura en el producto terminado.
- De no controlar el almidón dañado, y agregar igualmente una baja cantidad de agua, se obtendrá una masa de consistencia más dura, con problemas en su laminado.
- En este tipo de productos el agua debe ser removida (antieconómico), ya que el producto terminado deberá tener muy bajo nivel de humedad final en vista de su larga vida útil.

Algunas cifras importantes

- El almidón propio del trigo absorbe 1/3 de su peso en agua.
- El almidón dañado absorbe 3 veces su peso en agua
- Las proteínas absorben 2 veces su peso en agua

- Los pentosanos absorben 7 veces su peso en agua (aunque están presentes en pequeña cantidad).

Por lo tanto, el almidón dañado:

- Modifica la cantidad de agua que puede tomar una harina
- Ayuda a definir el uso que se le puede dar a la misma
- Permite obtener mejor rendimiento de masa.
- Modifica la maquinabilidad
- Facilita la acción de las alfa amilasas, con su consecuente influencia en la fermentación y conservación del producto terminado.
- Mejora la producción de gas e impulso gaseoso.
- Es un importante parámetro de control en el ajuste de la molienda.

4.3.3.2 El almidón dañado y la tenacidad

Es una masa de hidratación constante en el Alveograma

- La harina no será hidratada en el 100% en su capacidad
- Proporcionará una masa más tenaz y menos extensible
- En estas condiciones se estima que a mayor P del alveograma, mayor potencial de hidratación.

En una masa a hidratación adaptada en el Alveografo

- Las curvas muestran una disminución en la tenacidad, siendo más similares
- Esta tenacidad, se relaciona más con la real del trigo empleado, reflejando mejor las características reológicas del gluten.
- La extensibilidad es más variable ahora.

4.3.4 Descripción del proceso productivo del sistema de molienda en molino San Felipe.

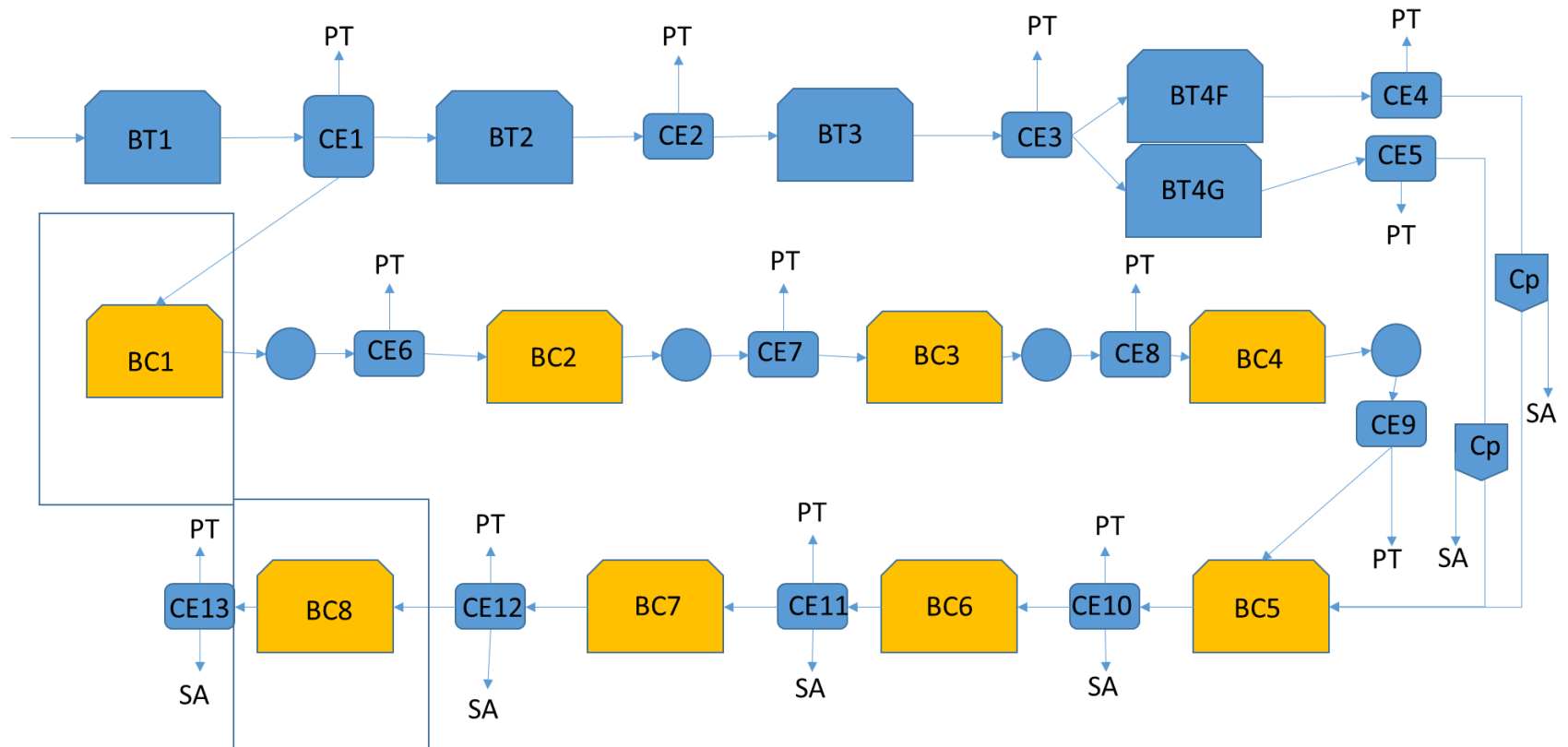
El molino San Felipe contaba con un sistema de cinco bancos trituradores, ocho bancos compresores, y tres cernedores; el grano de trigo previamente acondicionado ingresa al banco triturador 1 a una razón de 2600 Kg/h, donde el grano es pasado por un conjunto de rodillos trituradores y es dirigido a dos secciones paralelas del banco cernedor donde el producto es clasificado por medio de tamices de diferentes granulometrías permitiendo la obtención de una parte de la harina final y el resto continúa el proceso de molienda como producto intermedio.

El producto intermedio es sometido a dos trituraciones seguidas (Banco trituradores 2 y 3), al salir de cada Banco triturador ingresa a un cernedor donde se clasifica obteniendo una parte de producto terminado y otra parte que continua en proceso pasando al Banco triturador 4 y el cual permite triturar el grano de una forma más abrasiva clasificándolo en producto final grueso y fino (salvados). El salvado fino obtenido ingresa en forma paralela a los bancos trituradores 5 y 6 respectivamente a su salida pasan por un cernedor que clasifica el producto como terminado y su excedente es pasado por un cepillador para darle una mejor separación, el producto en procesos (que pasa al banco de compresión 5) y el salvado que sale del proceso como sub producto.

El producto blanco obtenido en el banco triturador 1, es enviado al banco de compresión 1 donde es pasado por unos cilindros de compresión para obtener producto terminado y producto blanco en el proceso, este producto pasa por los bancos de compresión 2, 3 y 4, donde en cada banco es clasificado por un cernido como producto terminado y producto en procesos, en el banco de compresión 5 se une el excedente de producto en proceso blanco con el excedente de material en procesos de los cepilladores, en este banco al igual que en los siguientes bancos 6, 7 y 8 cada da

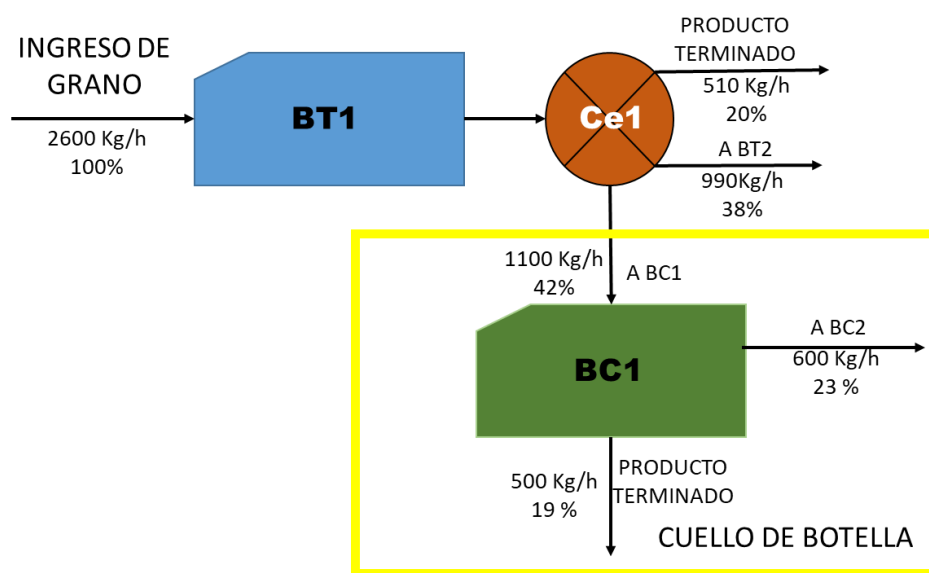
vez que pasa el excedente de producto procesado, en cada uno de ellos se obtiene producto terminado, salvado (sub producto) y producto en procesos (excepción del banco C8 donde no sale producto en proceso)

Figura 1: Esquema general del flujo de molienda del molino San Felipe, realizado por el autor.



4.3.5 Dificultad presentado en proceso de molienda. Una de las dificultades que de determino en el análisis y observaciones previas, era que la capacidad de producción del banco de compresión 1, tenía una capacidad máxima teórica de 1300 Kg/h, pero debido a los años de producción esta se ve disminuida, y en el proceso el banco triturador envía a este banco un flujo 1100 Kg/h (42.30% del flujo que ingresa al sistema de molienda), en muchas ocasiones el banco de compresión se satura produciendo un atascamiento a la entrada del mismo y la rotura del grano no es la más adecuada, esto conlleva a que se debe bajar la carga de triturado en el banco de triturado 1, además parte del producto blanco se desvía al banco de triturado 2. Esto hace que las propiedades de rompimiento de almidones y producción de harina por hora se vean afectadas sustancialmente.

Figura 2: Esquema del flujo de molienda en el Banco triturador 1 y Banco compresor 1 del molino San Felipe, realizado por el autor



5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta que el tipo de problema que se plantea en esta propuesta. Es de tipo de investigación aplicada y por ende tecnológico, que pretende utilizar los conocimientos básicos de la ingeniería para lograr la optimización del proceso productivo en la molienda de trigo.

Desde el punto de vista práctico, este tipo de investigación permite plantear alternativas de solución directa sobre los procesos existentes considerando las variables que mejoren la eficiencia y eficacia en la producción de los diferentes tipos de harinas que se producen en la empresa.

La observación directa y constante de los individuos, sus comportamientos y las reacciones que éstos ocasionan, de sus experiencias, sus conocimientos y los contextos en que se desenvuelven los sujetos.

5.2. VARIABLES

Las variables que se consideran para la investigación son de dos tipos; La variable de entrada, la cual es independiente al sistema y para tal caso se considerara la configuración del sistema o mejora que se realiza al sistema.

Las variables de salida o respuesta, son aquellas que se modifican como producto de la modificación y que para el sistema se consideran: la carga de materia prima, la adsorción, el rompimiento de almidones, y el flujo de producto terminado.

Tabla 1: variables de estudio.

Variable de entrada	Variable de Salida
Modificación del sistema de molienda de acuerdo al plan de mejoramiento propuesto	Absorción
	Rompimiento de almidón dañado
	Aumento de la producción

5.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para la investigación se trabajó con el trigo y la harina producida, se establecerán tres etapas del proyecto.

La anterior a proceso, donde se verificarán el comportamiento de las variables antes de realizar las modificaciones al sistema productivo.

La segunda etapa recolectar la información como varían las variables en el momento durante la pruebas pilotos o en puesta en marcha del proceso modificado.

La tercera etapa considera el estudio de las variables de los procesos modificados el cual se encuentra en producción activa.

Para ello en cada etapa se tomarán 30 muestras (que equivalen a tres muestras por día durante 10 días).

5.4. PROCEDIMIENTO

Los pasos a realizar la investigación serán los siguientes

- 5.4.1 Definición de los cálculos de eficiencia actual: Para mediar la eficiencia del proyecto se asumirán las siguientes variables absorción, rompimiento de almidones y medida unitaria de producción.
- 5.4.2 Para poder realizar estos procesos será necesario la recolección de datos históricos, recolectados por la empresa.
- 5.4.3 Elaboración del rediseño del proceso considerando las alternativas de mejoramiento, para ello deberá ajustar los diagramas de procesos, planos de quipos y procesos así como la definición de equipos nuevos o modificados de acuerdo a la oportunidad de mejoramiento presentada.
- 5.4.4 Cálculos de costos, que deben incluir los costos directos, e indirectos así como la consideración de los costos de oportunidad y pérdidas pro parada programada del proceso por la modificación.
- 5.4.5 Realización de plan de trabajo, detallando los pasos y tiempos necesarios para llevar a cabo la ejecución de las modificaciones técnicas y mecánicas.
- 5.4.6 Ejecución del plan de trabajo considerando los ajustes de diseño y procesos necesarios para su adecuado funcionamiento.
- 5.4.7 Puesta en marcha del proceso con el rediseño y ajustes necesarios que garanticen los parámetros de calidad del producto.
- 5.4.8 Toma de muestra y cálculos necesarios para definir los nuevos niveles de eficiencia y comparación con la obtenida anteriormente y poder calcular los nuevos parámetros de trabajo.

5.5.PROPUUESTAS PRESENTADAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL SISTEMA DE MOLINOS

Se presentaron dos propuestas para mejorar el sistema de molinería, el primero fue propuesto por un asesor externo, el segundo fue propuesto por Robert Salamanca, Técnico molinero y líder de procesos de molienda.

La primera consistía en la adquisición de un banco compresor por un valor de 350 millones para sustituir el banco actual; una de las dificultades que se presentaban es que el nuevo banco de compresión es de nueva tecnología y se tendría que hacer una serie de adecuaciones físicas, mecánicas, eléctricas, que generarían un costo adicional al ya asumido por la compra.

La segunda propuesta realizada fue el desmontar el banco de compresión 8 (el último de la línea de molienda) y sustituirlo por un disgregador, y ese banco colocarlo en paralelo al banco de compresión 1, esta propuesta tenía la ventaja que todo el sistema mecánico sería de fácil adecuación.

La segunda propuesta fue enviada al Departamento de Ingeniería quienes fueron los responsables del estudio técnico-mecánico, además de ser los responsables del diseño y construcción del disgregador, una vez realizado todo lo concernientes ellos aprobaron la aplicación de la segunda propuesta, nombrado como responsable de la adecuación al operario líder Robert Salamanca.

Figura 3: Esquema del flujo de molienda modificado en el Banco triturador 1 y Banco compresor 1 del molino San Felipe, realizado por el autor.

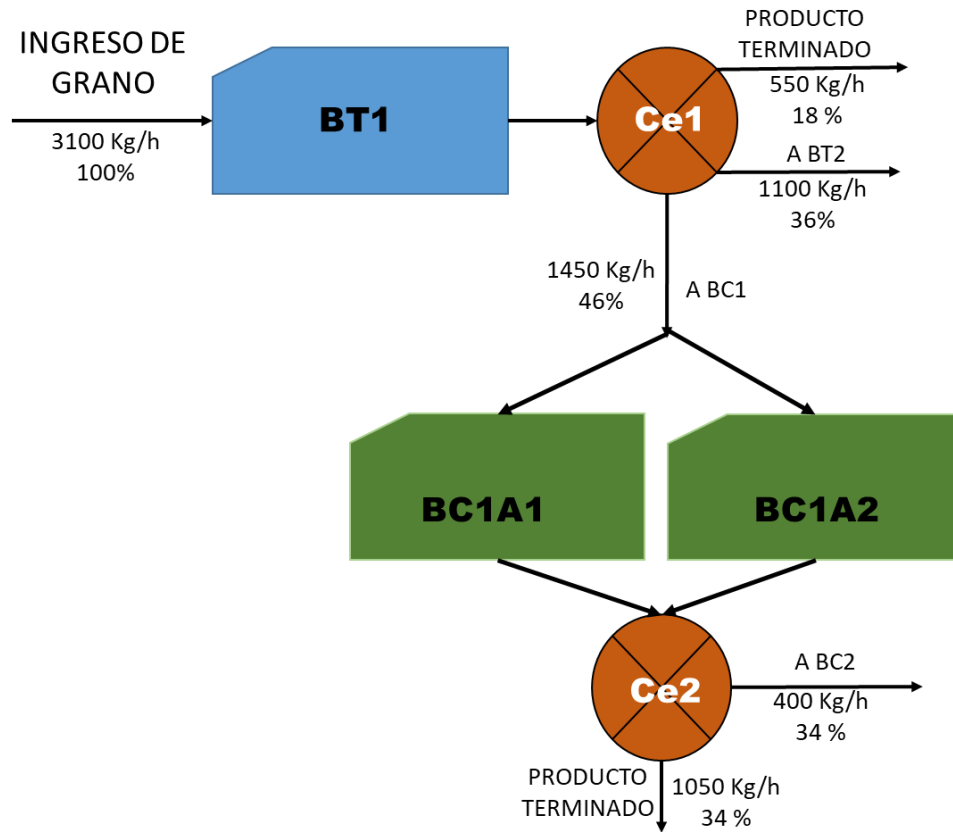
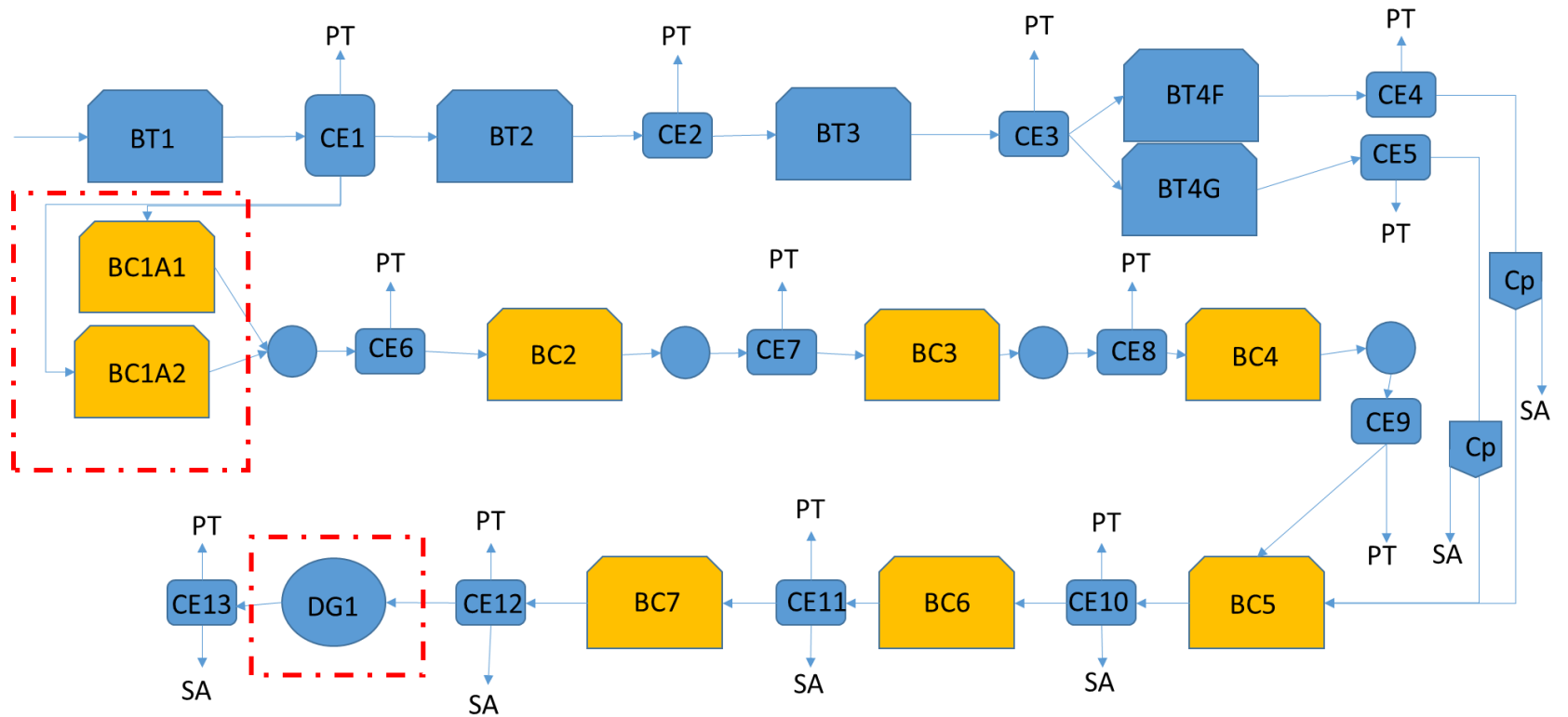


Figura 4: Esquema general modificado del flujo de molienda del molino San Felipe, realizado por el autor.



6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez se realizaron las adecuaciones propuestas en el plan de mejoramiento, se realizó una semana de pruebas pilotos que permitieron estabilizar todo el sistema y se realizaron muestras durante este proceso y una semana después de iniciadas las operaciones de producción normales, se realizó el comparativo para poder evidenciar el cambio de comportamiento de las tres variables de salidas que se habían propuesto analizar.

6.1 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA

Tabla 2: resultados de los análisis de producción por hora

<i>No de Muestra</i>	<i>Antes Bultos</i>	<i>Durante Bultos</i>	<i>Después Bultos</i>
1	39	42	46
2	39	44	46
3	39	39	47
4	40	42	47
5	40	44	46
6	39	45	45
7	38	44	45
8	41	39	45
9	40	42	47
10	39	43	46
11	40	44	46
12	38	43	46
13	41	43	46
14	39	44	46
15	40	45	46
16	39	44	47
17	39	45	47
18	39	45	46
19	40	46	46

<i>No de Muestra</i>	<i>Antes Bultos</i>	<i>Durante Bultos</i>	<i>Después Bultos</i>
20	40	45	46
21	41	45	47
22	40	46	46
23	38	45	46
24	39	47	46
25	41	47	45
26	39	46	46
27	39	46	46
28	39	46	47
29	39	46	46
30	38	46	46
MÁXIMO	41	47	47
MÍNIMO	38	39	45
RANGO	4	9	3
MEDIA	39,4	44	46
DESVIACIÓN	1	2	1
MODA	39	45	46
MEDIANA	39	45	46

La evaluación de los cambios consistió en la revisión de tres variables fundamentales en la producción de harina, la primera es el rompimiento de almidones, el cual consiste en lograr que el grano rompa de manera eficiente en el proceso de trituración y de ser necesario de compresiones adicionales, para su análisis se tomaron 30 muestras de forma aleatorio durante treinta horas de producción en un intervalo de 6 días, se realizó en tres tiempos, el primero antes de la realización de las adecuaciones propuestas en el plan de mejoramiento, el segundo tiempo fue al arranque puesta en marcha después de las adecuaciones y el tercer grupo se realiza cuando se tiene el proceso de molienda funcionando con las adecuaciones realizadas y estabilizado el sistema de producción.

Tabla 3: Análisis de Varianza nivel de producción

	<i>ANTES</i>	<i>DESPUÉS</i>
Media	39,4	46,1
Varianza	0,800	0,369
Observaciones	30	30
Grados de libertad	29	29
F	2,168	
P(F<=f) una cola	0,021	
Valor crítico para F (una cola)	1,861	

Al comparar que la f prueba es mayor que la f teórico; $2.168 > 1.861$, se puede concluir que si existe una variación significativa en la producción antes y después de aplicado el plan de mejoramiento.

Tabla 4: Resultados de los análisis de rompimiento de almidón

<i>No. Muestra</i>	<i>Antes UCD</i>	<i>Durante UCD</i>	<i>Después UCD</i>
1	22,1	22,8	26,80
2	23,1	23,1	26,80
3	21,8	23,0	26,80
4	22,0	24,0	26,90
5	22,1	23,5	27,00
6	22,5	23,8	26,90
7	22,9	24,1	27,00
8	22,0	24,1	27,10
9	22,1	24,5	27,20
10	22,0	25,0	27,80
11	21,8	25,1	27,60
12	21,5	24,9	27,50
13	21,5	25,2	27,40
14	23,0	25,1	26,90
15	22,5	25,5	26,90
16	21,8	25,4	27,10
17	23,0	25,4	27,10
18	23,1	25,6	27,40
19	22,0	26,0	27,60

<i>No. Muestra</i>	<i>Antes UCD</i>	<i>Durante UCD</i>	<i>Después UCD</i>
20	23,1	25,8	27,50
21	22,3	25,8	27,80
22	22,5	26,0	27,80
23	22,0	26,1	27,50
24	22,1	26,0	27,40
25	23,0	25,9	27,50
26	22,0	25,9	27,60
27	23,0	26,3	27,60
28	21,8	26,1	27,50
29	22,0	26,5	27,70
30	22,1	26,4	27,60
MÁXIMO	23,1	26,5	27,80
MÍNIMO	21,5	22,8	26,80
RANGO	1,6	3,7	1,0
MEDIA	22,3	25,1	27,31
DESVIACIÓN	0,5	1,1	0,34
MODA	22,0	26,0	27,60
MEDIANA	22,1	25,4	27,40

En los resultados obtenidos puede evidenciarse que antes de las adecuaciones realizadas se tenía un porcentaje de rompimiento de almidones de 22,3 % en promedio y después de las adecuaciones se logró un aumento de 5% es decir se logró llegar a un promedio de 27,3%, lo que significa una mejora eficiente, además según estadísticas en los procesos de molturación del grano de trigo el valor óptimo de rompimientos de almidón para un trigo duro en su valor mínimo es de 22,5% al 27,5% UCD (Unidad Chopin Dubois).

Tabla 5: Análisis de Varianza para rompimiento de almidón

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	22,29	27,31
Varianza	0,257	0,113
Observaciones	30	30
Grados de libertad	29	29
F	2,272	
P(F<=f) una cola	0,01534765	
Valor crítico para F (una cola)	1,861	

Al comparar que la f prueba es mayor que la f teórico; $2.272 > 1.861$, se puede concluir que, si existe una variación significativa en el rompimiento de almidón, antes y después de aplicado el plan de mejoramiento.

Tabla 6: Resultados de los análisis de absorción

<i>No. Muestra</i>	<i>Antes %</i>	<i>Durante %</i>	<i>Después %</i>
1	57	59	61
2	59	59	61
3	57	59	61
4	58	58	62
5	58	59	62
6	59	59	62
7	58	60	61
8	57	60	61
9	58	60	61
10	58	60	62
11	57	60	62
12	57	61	61
13	58	60	61
14	59	61	61
15	58	61	61
16	58	60	62

<i>No. Muestra</i>	<i>Antes UCD</i>	<i>Durante UCD</i>	<i>Después UCD</i>
20	58	61	61
21	57	61	61
22	57	61	62
23	59	61	61
24	58	60	62
25	57	61	62
26	58	61	62
27	57	61	61
28	58	62	61
29	58	61	62
30	58	61	62
MÁXIMO	59	62	62
MÍNIMO	57	58	61
RANGO	3	5	2
MEDIA	57.56	60	61
DESVIACIÓN	0.71	1	0

Tabla 6: Resultados de los análisis de absorción (Continuación)

17	58	60	61
18	58	60	61
19	58	61	61

MODA	57	61	61
MEDIANA	58	60	61

La tercera variable de estudio fue la absorción la cual se mide en porcentaje, en el proceso anterior se tenía un promedio de 57.56 % con un rango de trabajo de 3%, lo cual hacía que la harina no presentara un nivel óptimo, además no se encontraba en el rango de calidad óptima según sus características, para una buena harina panadera que debe tener una capacidad de absorción mínima del 60%, rango superior cuando se realizó las adecuaciones al sistema de molienda, lográndose una capacidad de 61% de absorción y según la muestreado no se ha bajado de ese valor y en algunas muestras se llegó al 62%, lo que significa una mejora considerable en la calidad del producto producido en el molino y reconocido por los clientes.

Tabla 7: Análisis de Varianza para absorción

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	57,56666667	61,4
Varianza	0,529885057	0,24827586
Observaciones	30	30
Grados de libertad	29	29
F	2,134	
P(F<=f) una cola	0,0227	
Valor crítico para F (una cola)	1,861	

Al comparar que la f prueba es mayor que la f teórico; $2.134 > 1.861$, se puede concluir que, si existe una variación significativa en la absorción, antes y después de aplicado el plan de mejoramiento, debido al mejoramiento del rompimiento del almidón.

6.2 ANÁLISIS ECONÓMICOS DE LAS PROPUESTAS

Se presentaron dos propuestas, la primera por parte de un asesor externo que consistía en la compra de un banco de compresión nuevo, la segunda presentada por el molinero y el grupo de trabajo del molino, que consistió en el cambio estratégico de ubicación en la línea de producción de un banco (banco de compresión 8) y colocarlo en paralelo con el banco de compresión 1, y en el lugar de Banco de compresión 8 colocar un disgregador, esta propuesta fue estudiada en su diseño por parte del departamento de ingeniería y aprobada. Para el caso del estudio de costos se consideraron tres ítems costo de equipos y materiales, mano de obra y costo de oportunidad (lo que se deja de producir durante el tiempo de instalación y adecuación del proceso).

Tabla 8: Costo de la propuesta 1 y 2

<i>COSTOS</i>	<i>PROPUESTA 01</i>	<i>PROPUESTA 02</i>
EQUIPOS	\$ 315.000.000	\$ 25.000.000
MANO DE OBRA	\$ 5.000.000	\$ 3.000.000
COSTOS POR OPORTUNIDAD	\$ 265.000.000	\$ 265.000.000
<i>TOTAL DE GASTOS</i>	<i>\$ 585.000.000</i>	<i>\$ 293.000.000</i>

6.3 BENEFICIOS ECONÓMICOS OBTENIDOS

Tabla 9 Calculo de los beneficios económicos obtenidos de la implementación de la mejora, realizada por el autor.

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>ANTES</i>	<i>DESPUÉS</i>
PRODUCCIÓN POR HORA (bultos)	39	46
PRODUCCIÓN DIARIA (bultos)	780	920
PRODUCCIÓN SEMANA (bultos)	3.900	4.600
PRECIO DE VENTA/BULTO	\$ 68.000	\$ 68.000

Tabla 9 Calculo de los beneficios económicos obtenidos de la implementación de la mejora, realizada por el autor (Continuación)

INGRESOS SEMANALES	\$ 265.200.000	\$ 312.800.000
INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN TÉRMINOS ECONÓMICOS		\$ 47.600.000

La implementación de oportunidad de mejoramiento permitió el aumento de la producción de bultos de harina, con mejor calidad de rompimiento de almidones y absorción, que cuantificado se demostró que ese aumento en términos monetarios fue de \$ 47.600.000 pesos semanales. Además, este aumento provoco la disminución del costo de mano de obra en 5 pesos por kilogramo de harina, que significa \$ 955.964 pesos por mes.

Tabla 10 Calculo de los beneficios económicos de mano de obra, obtenidos de la implementación de la mejora, realizada por el autor.

MANO DE OBRA	\$ 35.000.000	\$ 35.000.000
MO/KILO	\$ 30	\$ 25
DISMINUCIÓN TOTAL DE M.O. POR PRODUCCIÓN		\$ 955.964

7. CONCLUSIONES

7.1 El molino San Felipe, presentaba dificultades en el procesos de molienda, en especial en la salida del Banco de Triturado y la llegada al Banco de compresión 1, que no contaba con la capacidad para procesar el flujo de carga, lo que provocaba que se presentara una atascamiento de producto y como consecuencia había que disminuir la velocidad, haciendo que se perdiera el nivel de producción, además mucho producto no realizaba el rompimiento de almidones al nivel adecuado y por ende la absorción de la harina no era la más óptima.

7.2 A partir de la propuesta realizada y aprobada por la empresa, esta se llevó a cabo con el acompañamiento del departamento de ingeniería y mantenimiento, las adecuaciones de la oportunidad de mejoramiento, el cual se realizó durante una semana de adecuaciones y tres días de pruebas y ajustes, hasta que se logró llegar a las metas planteadas.

7.3. Las modificaciones realizadas permitieron que el sistema de molienda lograra incrementar la productividad en un 18%, es decir se pasó de producir 39 sacos de harina a 46 sacos por hora, además la absorción subió tres puntos porcentuales y los rompimientos de almidón también de 23 a 27 UCD,

7.4 La propuesta tuvo un costo directo de 28 millones de pesos mientras que la propuesta presentada por el asesor externo era 320 millones de pesos, además se presentaba el inconveniente de que comprar un nuevo banco compresor acarrearba otros costos y cambios tecnológicos, pues este nuevo banco sería incompatible con el sistema de molienda con el que cuenta en la empresa, adicionalmente se logró bajar los costos de producción unitarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Botero, M. & del Pilar Guerrero, M. (1999). El trigo: la maravilla natural que alimenta al mundo. Fedemol.
- Bustamante Álvarez, M., Salido Domínguez, J., & Gijón Gabriel, E. (2014). La panificación en la Hispania romana.
- Butrón, Roberto; Michma, Ruth; Silva, Eddy; Siñani, Oswaldo; Félix; Quispe, y Marza, Félix. (2015). Características de grano relacionado con rendimiento de trigo. Revista Científica de Investigación INfo –Iniaf, p, 1. Consultado en URL:
http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-250X2015000200012&lng=es&nrm=iso
- De la Horra, A. E., Seghezzo, M. L., Molfese, E., Ribotta, P. D., & León, A. E. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29(2), 81-89.
- De Villarreal, V. P. (1977). Molinos y molinería (arte y técnica por tierras del Baztán). *Cuadernos de etnología y etnografía de Navarra*, 9(26), 219-256.
- Durán F. & Naranjo, J. (2006) *Manual del Ingeniero de Alimentos*. E. Grupo Latino.
- García, D. (2012). *Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua*. UNAL Bogotá.
- Gambarotta, L. (2005). Caracterización de las fracciones de harina de trigo pan. Análisis de las propiedades físico-químicas y reológicas de las fracciones de harina de trigo pan obtenidas en el molino experimental BÜHLER MLU-202 (Doctoral dissertation, Universidad de Belgrano. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.).

- Hevia, F., & López, X. (1996). Estudio preliminar de la influencia del almidón dañado en la calidad de las harinas de trigo. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- Hongn, C. (2013) *Actualización tecnológica en el procesamiento del trigo y sus derivados*. Sena. Bogotá.87-90
- Jornada de Cultivos de Invierno “Trigo: Calidad vs. Rendimiento” ABRIL 2006 Serie Actividades de Difusión N°444.
- Juárez, Z. N., Bárcenas-Pozos, M. E., & Hernández, L. R. (2014). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(1), 79-92.
- León, A. E., Rosell, C. M., Gómez Pallarés, M., Brites, C., Haros, M., Trigo, M. J., ... & Collar, C. (2007). De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. ISEKI-Food.
- Linnemann, R. (2010). *Curso de molinería II*. Buhler AG. Suiza. 35-40
- Mendoza, M. V. (2013). Evaluación agroindustrial de tres variedades pre comerciales de trigo. *Ciencia y tecnología*, (13), 117-132.
- Ruiz, A. (2007) *Implementación De Controles De Calidad Para Materia Prima Producto En Proceso, En Una Industria Harinera*. Guatemala.
- Osborne, E. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13(38), 27-32.
- Osella, C. A., Sánchez, H. D., González, R. J., & De La Torre, M. A. (2006). Molienda de trigo: Ensayos comparativos de escala industrial con planta piloto. *Información tecnológica*, 17(3), 33-39.

Parra Oviedo, C. (2010). Gestión del conocimiento en la industria molinera en Colombia.

Ripoll, M. T. (2014). La Industria Molinera de Trigo en Colombia: El caso del molino tres castillos, 1940-2012. *Economía & Región*, 8(2), 213-265.

Rocha, F. (2015). Efecto de la granulometría de la mezcla con inclusión de harina de trigo suave triticum aestivum en la calidad de pellet. Universidad Técnica del Norte-Facultad Ingeniería Agroindustrial. Ibarra, Ecuador.

Satizábal Villegas, A. E. (2004). Molinos de trigo en la Nueva Granada siglos XVII-XVIII: Arquitectura industrial, patrimonio cultural inmueble.

Vázquez, D. (2009). Aptitud industrial de trigo. La Estanzuela, Uruguay, INIA.

Villegas, A. E. S. (2004). *Molinos de trigo en la Nueva Granada: siglos XVII-XVIII: arquitectura industrial, patrimonio cultural inmueble* (Vol. 26). Univ. Nacional de Colombia.